三维技术下的建筑精确设计
——以长沙冰雪世界项目为例

王　承[1]　梁　铭[2]　彭　杰[2]　吴　伟[2]

(1. 华东建筑设计研究院有限公司; 2. 上海中建东孚投资发展有限公司)

【摘　要】随着新技术不断发展,建筑的设计表现可谓达到了空前的水平,其所带来的新的设计思维模式及设计理念,为建筑的美学控制、技术研发与建造手段等方面提供了前所未有的美好愿景。本文以长沙冰雪世界项目为例,探索多平台协同下三维精确设计。建立了建筑构件的项目数据库,实现复杂建筑形体的虚拟表达,使装配式建筑理念成功作用于复杂形体建筑。

【关键词】三维技术;复杂形体;数据库;装配
【中图分类号】TU17;TU318;TU392.6;TU756　【文献标识码】A　【文章编号】1674－7461(2017)05－0001－09
【DOI】10.16670/j.cnki.cn11－5823/tu.2017.05.01

1　前言

上世纪后期,建筑学进入了多元共存的时代,以混沌、耗散、自组织为特征的非线性科学理论和法国哲学家德乐兹“游牧”、“折叠”等新哲学思想在此时期开始向建筑学渗透,为建筑理论的发展与建筑设计的创新提供了丰富的养分[1]。1997 年,非线性理论则被著名建筑师查尔斯詹克斯直接引入建筑领域,以此在哲学和空间上对复杂形体建筑的出现做出解释,为复杂建筑设计发展奠定了理论根基。一些建筑师开始在非线性理论指导下进行各种复杂形体建筑实践的探索,基于非线性思维的建筑理论与形式开始涌现。进入新世纪,随着参数化技术的日臻成熟,非线性建筑和复杂性理论体系不断完善,与此同时,数学、几何学、计算机图形学、生物学等其他学科的理论成果不断借鉴到建筑领域中,建筑学的内涵和外延得到广泛延伸[2]。

科学发展的历程经历着从简单到复杂的蜕变,建筑学也逐渐从传统的自语性、同质性走向混融、多样的广阔视域。复杂形体由于其在几何属性上难以用传统几何语言进行描述的建筑形体类型,传统的二维 CAD 平面图纸已无法准确表达复杂形体建筑元素之间的关系,在此语境下,三维设计之于复杂形体建筑的虚拟表达便成为解决此类问题的最重要的手段[3]。

2　项目介绍

湖南长沙冰雪世界项目整体用地位于长沙市二环线以南,湘江西岸。基地北临坪塘大道,东临清风南路,西侧与广场一路相临。项目用地呈不规则多边形状,基地内地形较复杂,地势较丰富,基地遗留原湖南省新生水泥厂采石场坑。整体地块东西长约 440m,南北宽约 350m,项目净用地面积为 157 243m^2,场地整体呈东北高西南低的趋势,地块内最大高差近 100m(图 1)。整体项目基地由冰雪世界及五星级酒店两大功能建筑组成。冰雪世界项目位于基地东北侧,主体建筑为单层,配套辅助用房地上三层,地下二层,含室外水乐园总建筑面积 147 722m^2。项目主体功能为室内雪乐园、水乐园以及休闲茶座等候区、儿童托管及运动器械租赁等配套功能。本项目围绕“完善长沙城市功能,提升长沙城市品质,促进长沙产业升级”的目标,结合

【作者简介】　王承(1985－),男,工程师,BIM 总监,主要研究方向:BIM 全生命周期应用;梁铭(1978－),男,一级注册建筑师,上海区域公司副总经理,主要研究方向:BIM 设计技术研究与推广。

土木建筑工程信息技术
Journal of Information Technology in Civil Engineering and Architecture

片区现状资源,大王山旅游度假区规划定位为:世界先进水平的旅游度假和会议中心以打造世界旅游目的地为驱动的绿色新城展现湖湘特质让世界为之惊叹的水都。(图2)。

项目形象定位:中国最具特色的主题乐园;产品定位:面向大众的中高端旅游产品;客群定位:以长珠潭为核心市场,湖南省内及珠三角为主体;品牌形象:树立资源稀缺、形态多样、品牌高端的国际休闲度假全新形象;功能定位:冰与火双重特色体验绝无仅有的视觉冲击(图3)。

3 冰雪世界项目的 BIM 应用体系研究

3.1 BIM 技术路线总述

针对本项目工程复杂,工期紧张的情况,后续各专业厂家数据格式要求不同的条件下,采取了多协同平台相互合作的策略,并针对各软件平台的优势对整个项目进行了分解建模。本项目中应用联动多种三维设计平台有 Revit 平台、Rhino 平台、CATIA/DP 平台;各平台各司其职,如 Revit 负责标准墙板梁柱管线

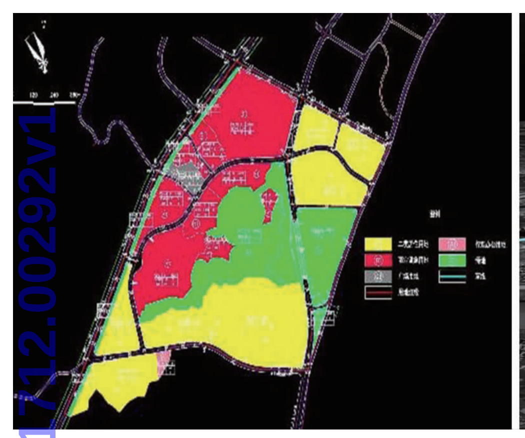
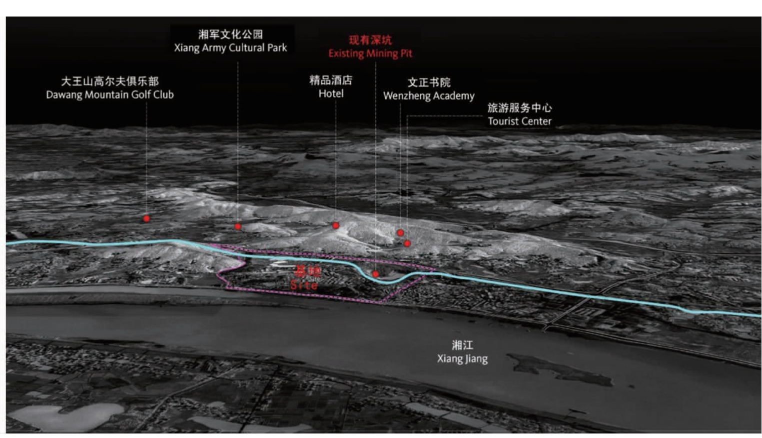



图1 项目区域位置




图2 矿坑修复前后示意




图3 冰雪世界项目效果

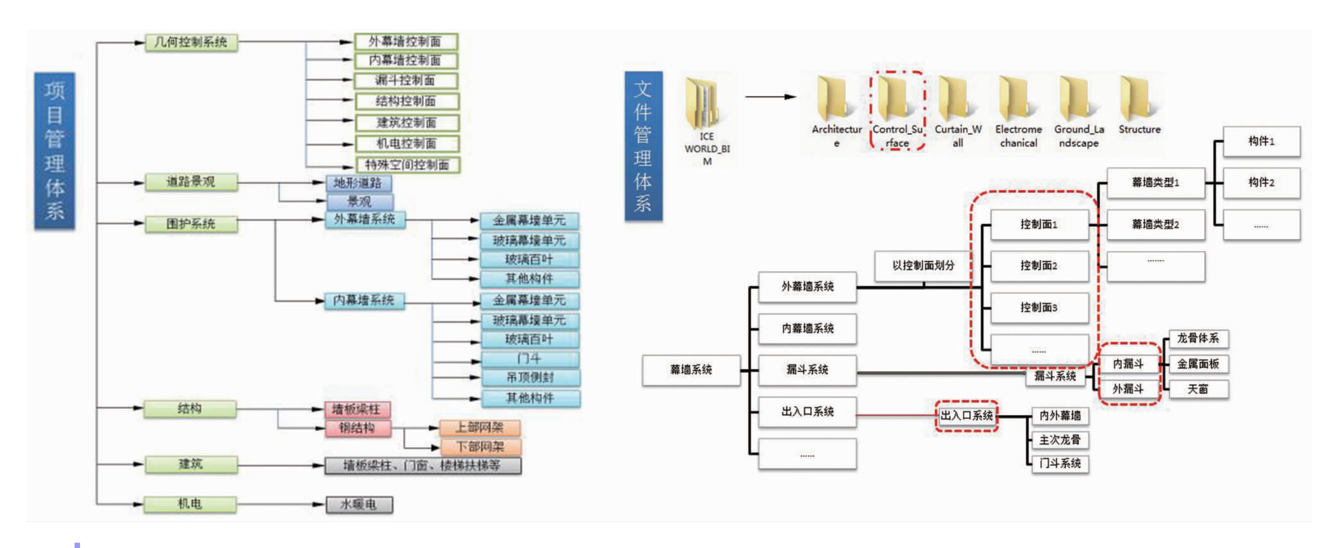


图 4　冰雪世界项目三维设计管理体系

的建模,Rhino/Grasshopper 负责异型曲面的分形及和外围团队的数据对接,形成通用 IFC 数据格式,而 CATIA/DP 平台主要负责异型构件的建模和深化及项目模型的整合。

3.2　BIM 模型管理体系

本项目中三维设计是辅助建筑师将此件艺术品实现的过程。三维设计的项目管理过程将该项目拆解为多个部位进行设计深化,并最终将设计深化的成果进行装配成型,形成高完成度的设计成果。以外幕墙为例做了六级拆解(图 4),并借助于三维设计平台对拆解后的构件进行了组装,形成完整的外幕墙体系。

4　冰雪世界项目的 BIM 精确控制

4.1　BIM 钢结构设计

考虑到冰雪世界项目复杂的钢结构体系,基于 CATTA 平台,对图纸中的钢结构进行三维投影表达,尽可能对大部分钢结构实现标准化,控制整体的成本;对小部分弧度较大区域的钢结构进行优化拆分,增大可以使用的空间和面积。

大王山冰雪世界项目的钢结构主要可分为两部分:上部网架和下部网架,如图 5 所示。下部钢结构网架架于山体深坑之上,主要用于承重整个冰雪世界主体建筑,而上部网架则主要支撑冰雪世界的幕墙系统及侧向旋转坡道。

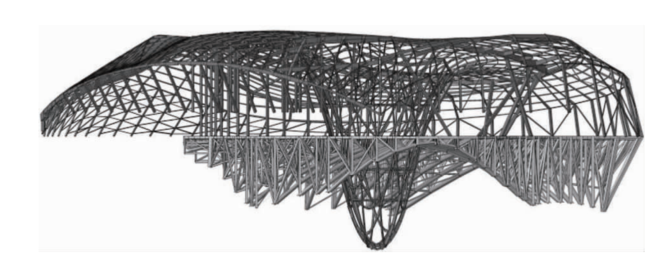


图 5　冰雪世界钢结构

下部网架呈现拱桥之势,跨于山体深坑之上。根据结构提出的底部钢结构拱架中心线,生成钢结

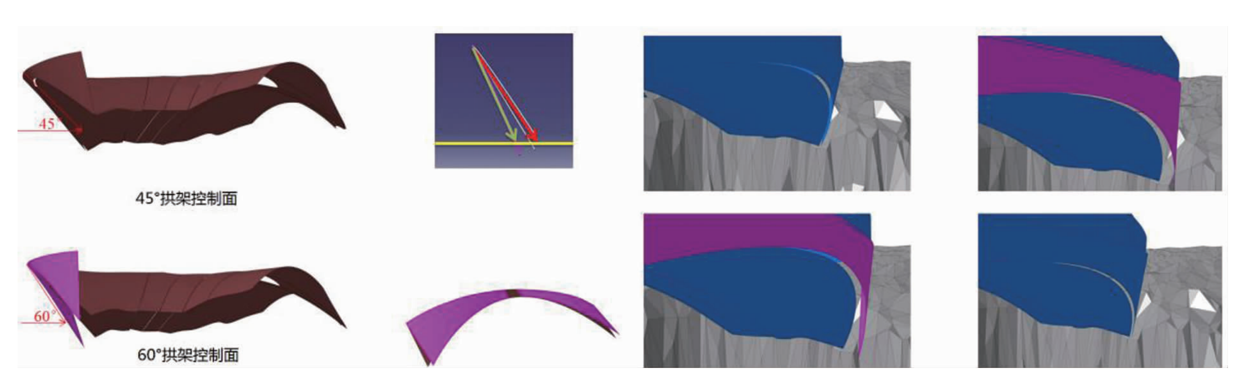


图 6　不同角度拱架控制面示意及控制面和山体关系

构底部拱架控制面，本项目根据建筑美观需求，对底部钢结构拱架所在平面和竖直方向的角度做了研究，研究角度选为 45°和 60°，结合结构计算分析了控制面和山体的作用关系，如图 6 所示，选取了 45°作为最后方案。图 7 为选定方案后生成下部钢结构示意图。

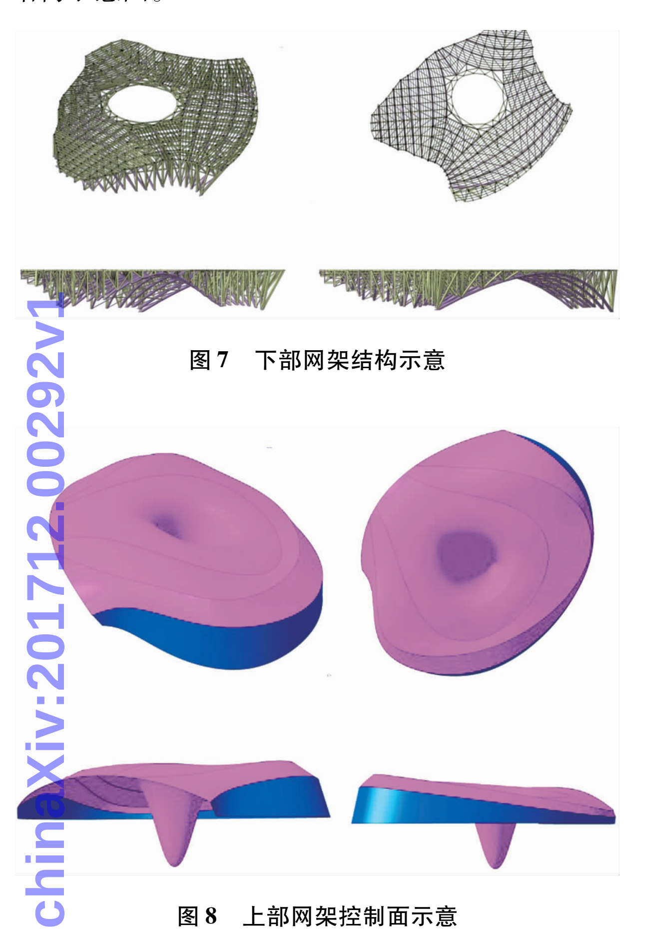


图 7　下部网架结构示意

图 8　上部网架控制面示意

上部网架由于需拟合大王山项目外控制面（图 8）在整个建筑的中心处呈现漏斗状，异形外控制面给结构搭接带来较大的挑战，结构专业根据外控制面进行了钢结构初步布置，但其跟控制外表皮吻合度较差，拟形效果并不理想，需将结构专业提出的钢结构参照线在不改变结构专业受力体系的前提下与控制外皮发生关系。由于控制外皮和竖直方向角度不一样，为了尽可能使优化后的钢结构参照线和原结构体系相差至最小状态，不同区域控制线和控制面发生关系的逻辑将不尽相同。

结合项目具体情况，控制面为粉红色区域（如图 9）采取钢结构控制线 Z 向投影至控制面上，得到的曲线取端点连接成直线作为钢结构新参考线，而控制面为蓝色区域（如图 9）选择取结构原始控制线端点和控制面的最近点连接成线作为钢结构的新参考线。图 10 为优化前后的钢结构控制线对比图示意，蓝色线为结构原始控制线，粉红色线为优化过的钢结构控制线。经过三维设计优化过钢结构参照线的和控制面的吻合度更高，图 11 为根据优化后钢结构控制线生成上部钢结构示意图。

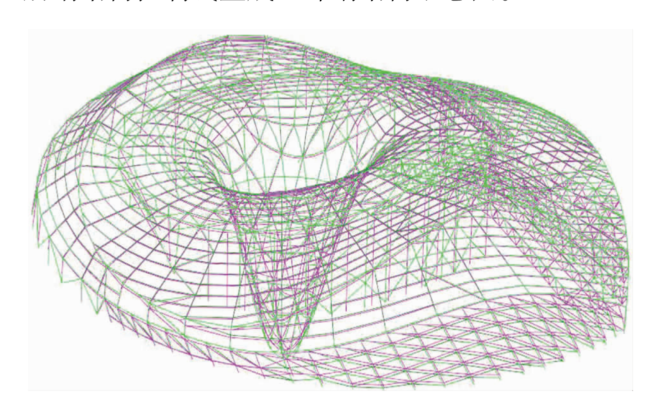


图 10　为优化前后的钢结构控制线

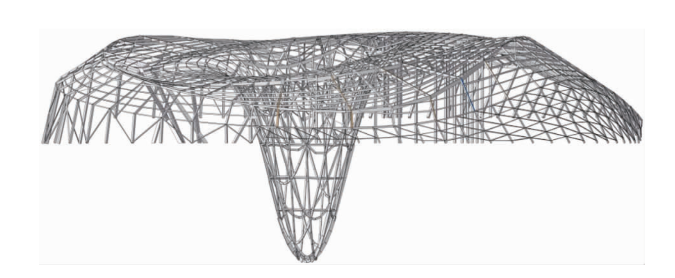


图 11　上部钢结构示意

钢结构控制线优化过程中，为达到最佳拟合状态，本项目进行了双曲钢结构和直线钢结构的比较，将投影得到的曲线根据钢结构截面进行放样得到和曲面完全拟合的钢结构（图 7），并和直线钢结构进行比较（图 7），由图 12 可以看出，双曲钢结构对于控制面的贴合很好，更具美感。但由于双曲钢结构在工厂加工、施工定位等环节等难度较大，故退而求其次，选择直线钢结构取代双曲面钢结构。

4. 2　BIM 幕墙设计

长沙大王山项目由于其外形的特殊性（图 13），传统的二维图纸已经无法准确定位表达方案设计、放线定位，材料下单等需求，而引进三维设计系统可以轻松解决此类问题。本项目中采取了 RHINO 和 CATIA 等软件作为三维设计载体，研究了三维设计在幕墙设计中的应用，建立了 RHINO 分型设计、CATIA 深化整合的技术路线。对于大型公共建筑，三维设计系统中由于幕墙元素在建筑系统中占有

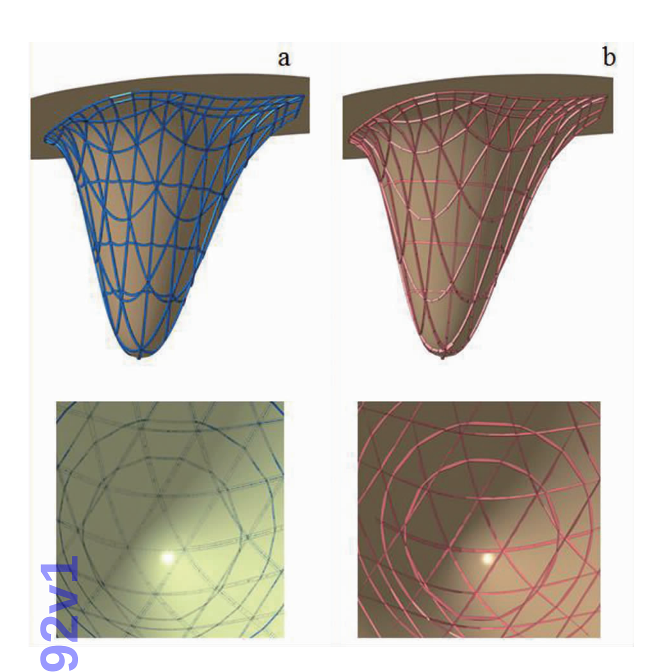


图 12　双曲钢结构和直线钢结构对比示意

了较大的数据量,需针对三维设计系统中的幕墙系统进行必要的拆分和模型管理。针对本项目双层幕墙的特殊性,制定了以下幕墙系统管理体系(图 14)。

本项目在基于 RHINO 和 Grasshopper 的幕墙三维设计中,根据提供的幕墙边界曲线,利用 GH 参数化进行幕墙网格的划分,同时,配合整体结构进行幕墙网格的调整。确保竖向分割达到垂直美观的效果。

针对转角部分幕墙,进行单独处理,调整单体网格大小符合最短垂直距离≤1.5m 的模板,与悬崖贴合处的幕墙,进行修剪处理,最终进行幕墙单块数量统计并出图。

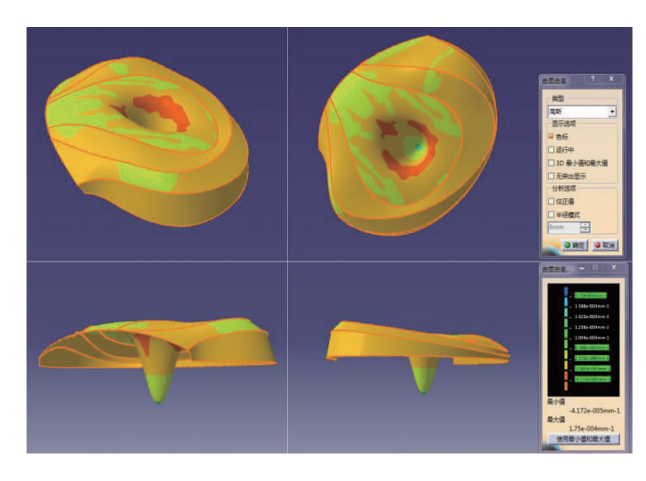


图 13　长沙大王山项目幕墙外控制面曲率分析

长沙大王山冰雪世界项目内外双层幕墙均由三角铝板面构成,内外幕墙分割逻辑一样,利用 RHINO 的 GH 插件结合幕墙厂家给出的幕墙尺寸条件对幕墙外表皮进行了三角面的划分。由于幕墙外控制表皮的异形形态也导致了划分所得的幕墙单元其所对应的面积尺寸均不一样,因此对每一块幕墙进行编号,并输出相关信息对于幕墙公司的深化显得尤为重要。图 15(a)-(b)为利用 GH 插件对划分好的幕墙进行编号及输出定位坐标点及板块面积的过程。

对于曲率变化较大的漏斗部分,其由天窗和幕墙构成。出于美观效果和采光需求,方案天窗的轮廓线呈现不规则形状,但方案阶段其和幕墙的交接

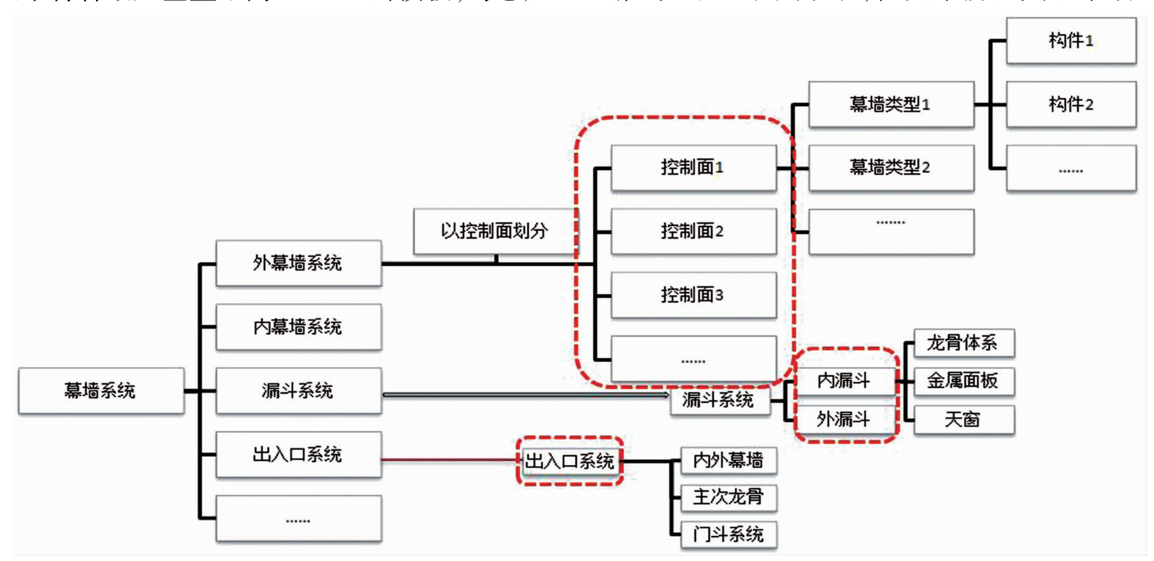


图 14　幕墙管理系统

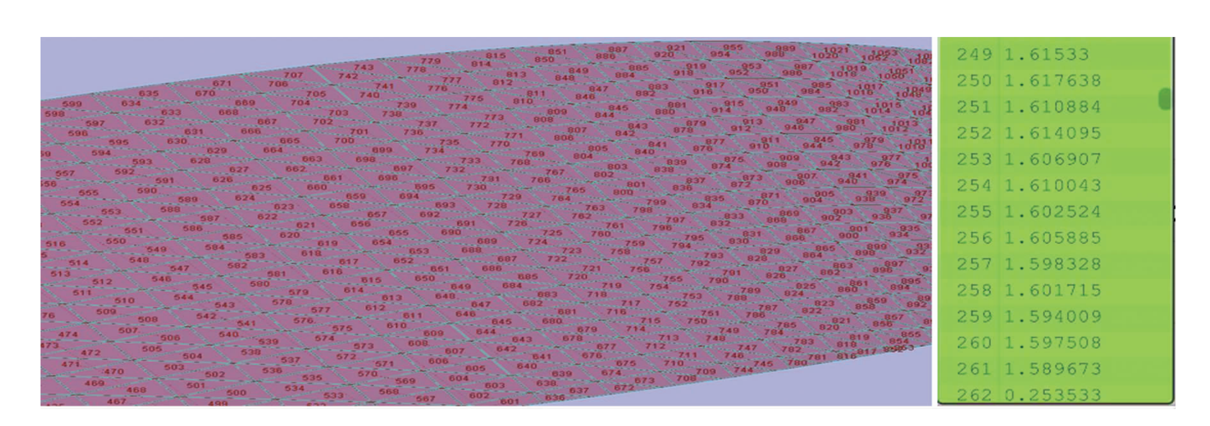


图 15(a)　幕墙嵌板编号及面积输出

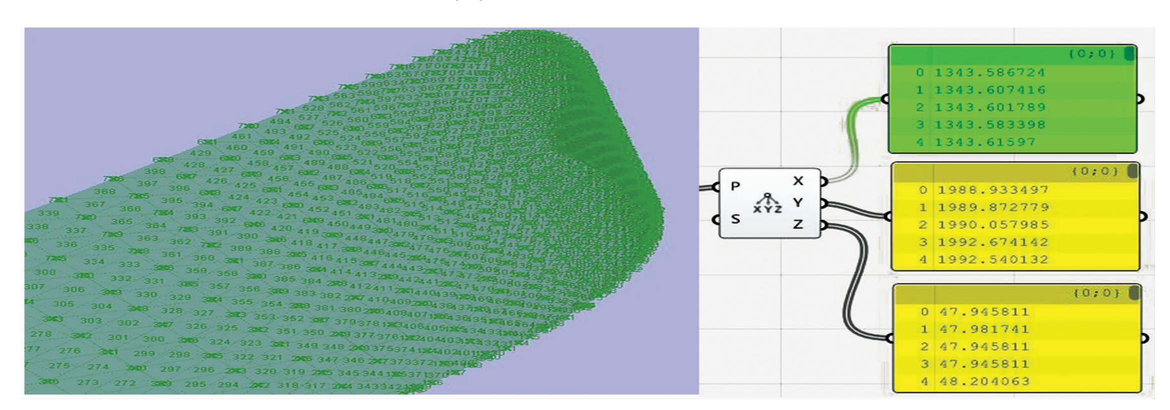
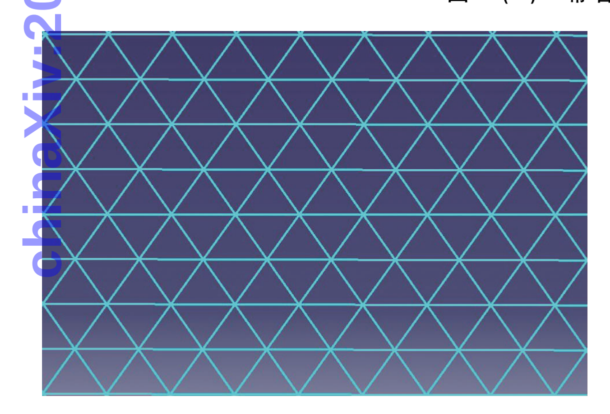
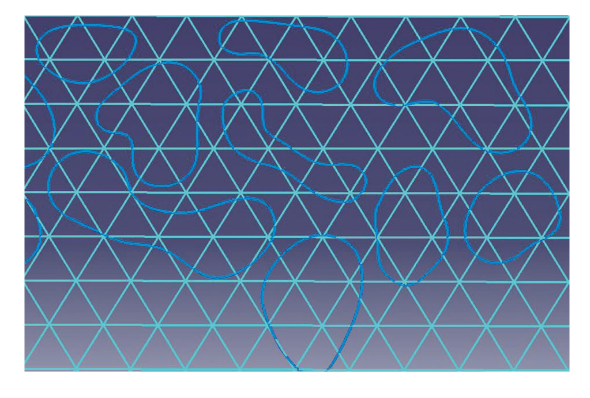


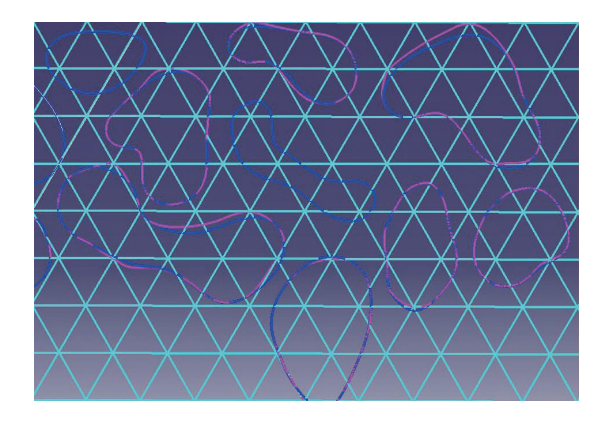
图 15(b)　幕墙定位点编号及坐标输出



(a)幕墙分隔线



(b)优化前



(c)优化前后对比

图 16　天窗优化前后对比

关系也并不十分规则,本项目中利用CATIA平台对天窗轮廓方案进行了优化,图16(a)-(c)为天窗优化前后对比图。

经过三维设计优化的天窗轮廓线保持了方案设计阶段的大体造型,但天窗的轮廓和幕墙分割线在幕墙相交节点处相切,避免了在材料相接处产生过小的材料"碎块"影响建筑美观。并降低了施工难度。

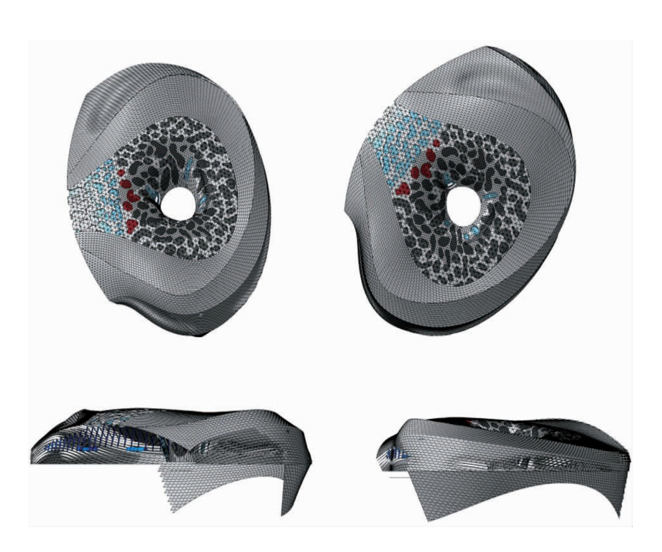


图 17　幕墙初步设计完成后模型截图

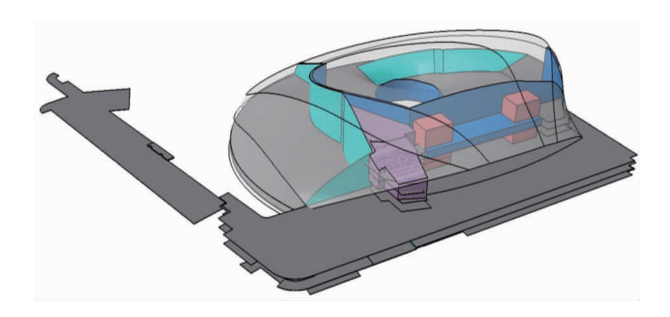


图 19　建筑功能分区模型

4.3　BIM 建筑空间设计

设计大王山冰雪世界项目由于其外立面非线性特性，建筑内部的空间也呈现不规律性，本项目利用三维设计对建筑内部结构桁架下的空间进行了分析，分析示意如图 18。

根据分析结果建立了功能分区模型，如图 19，并快速出具分区面积，使建筑功能分区达到最优化。

本项目中也对建筑的其他细部进行了推敲，以入口大堂处巨柱(图 20)为例进行说明。通过对巨柱尺度和巨柱形态对比分析，得出符合建筑审美的巨柱体态。不同形态和尺度的巨柱所产生的效果及对结构的影响在三维设计中一目了然，方便了设计的最终决策就说明。

4.4　BIM 整体设计的应用

大王山冰雪世界项目地势复杂，通过提取测绘坐标点，生成 Revit 三维地形模型，配合整体设计进行整合和分析，辅助整个设计的优化，如图 21(a)－(b)。

项目不仅有幕墙结构等设计难点，整体的功能分区也相对复杂，应用三维设计的方式，可以对三维空间有清晰表达，图 22(a)－(c)可以看到不同高度的功能分区。

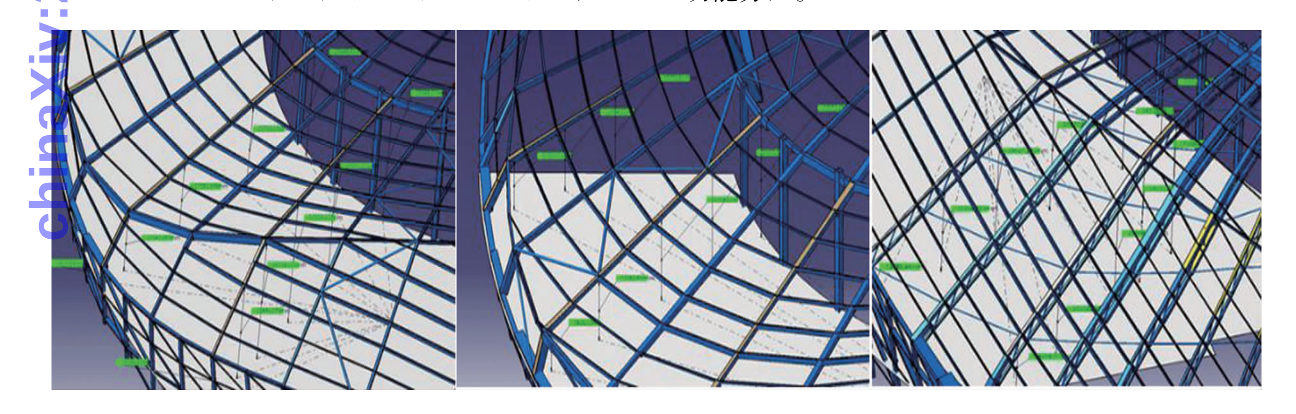


图 18　建筑内部空间分析

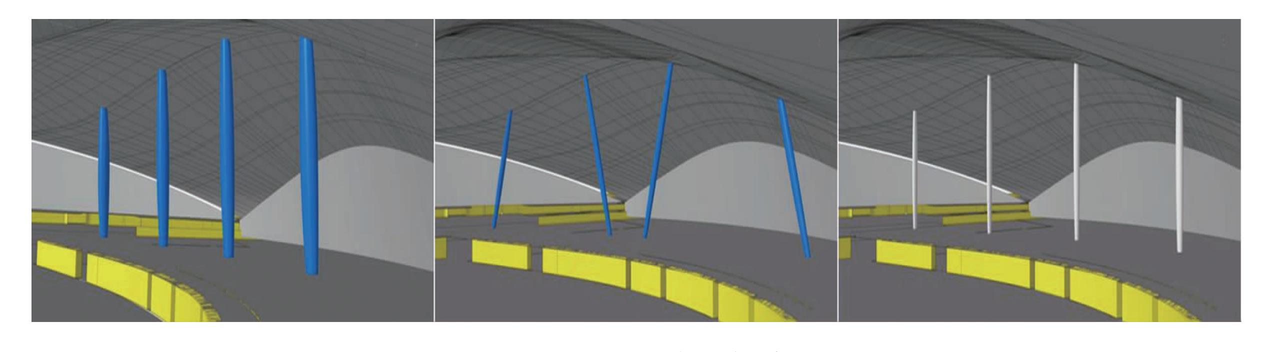


图 20　入口大堂巨柱方案比较

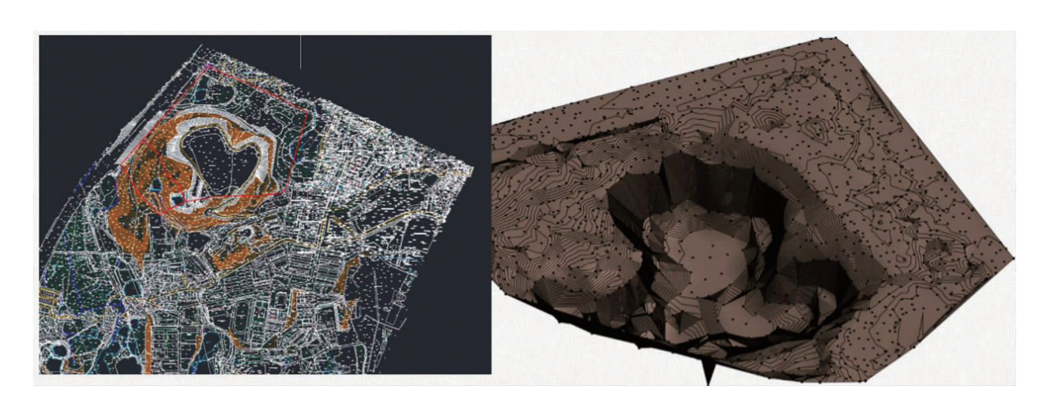


图 21(a)　三维地形的提取与生成

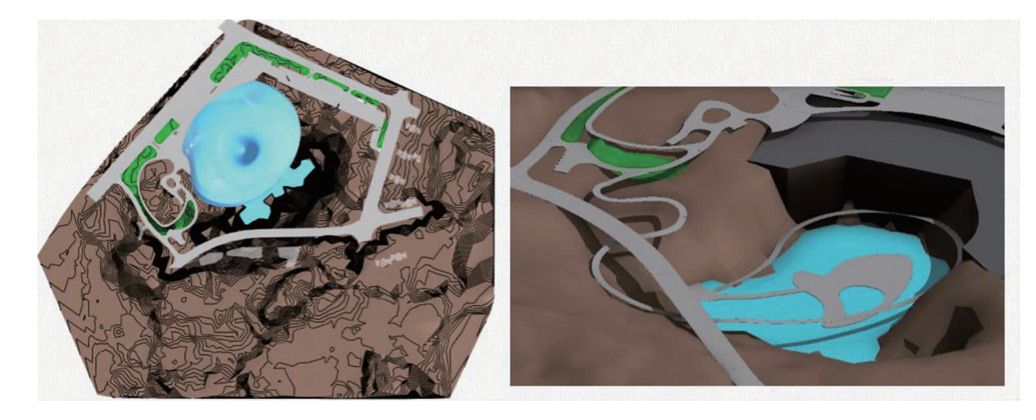


图 21(b)　三维地形与方案设计整合

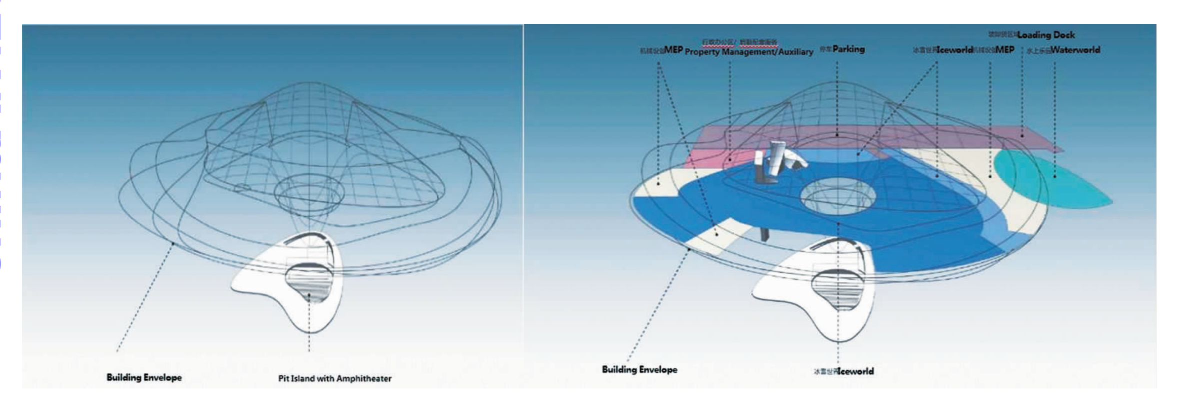


图 22(a)　地下四层和地下二层的功能分析

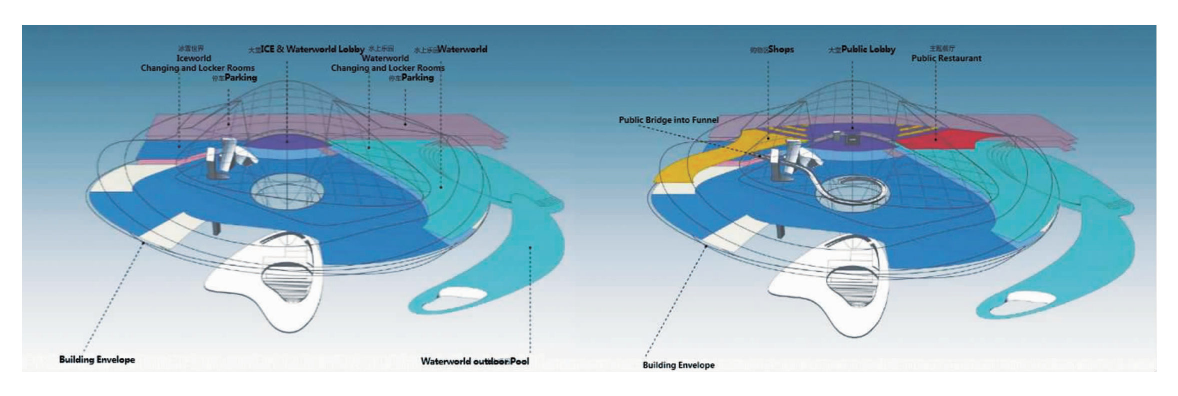


图 22(b)　地下一层和一层的功能分析

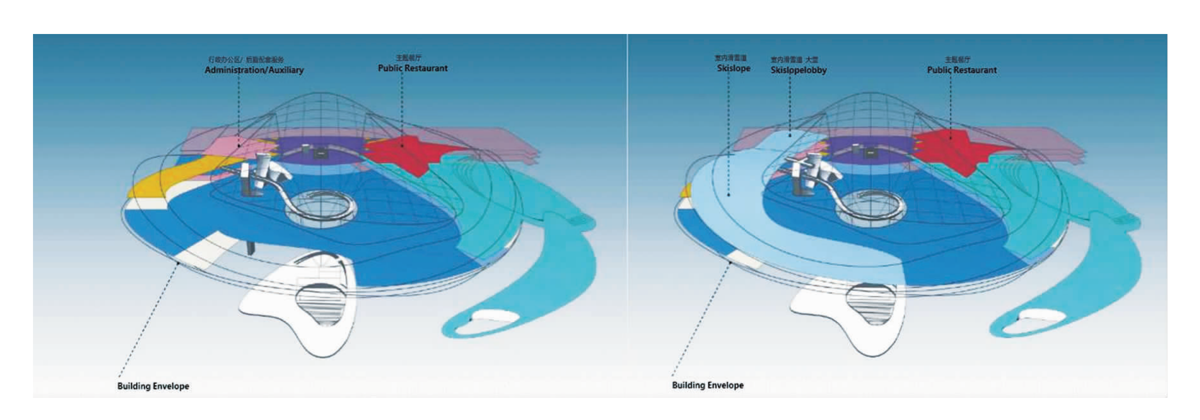


图 22(c)　二层和三层层的功能分析

5　结语

在长沙大王山项目中,利用多平台三维设计手段进行了项目精确控制,探索出了复杂空间建筑精细表达的逻辑及应用方法。三维设计作为建筑精确化控制的最有效的手段,在未来的几年必将代替目前主流的二维图纸成为建筑的主流设计表达的方式,同时其所具备的有序庞大的数据也必将给建筑建造及运营带来新的工作模式并颠覆人们对建筑的认识[4]。

参考文献

[1] [美]米歇尔. 沃尔德罗普. 复杂——诞生于秩序和混沌边缘的科学的新描述[M]. 陈玲译. 生活. 读书. 新三联书店; 1997.

[2] [美]罗伯特. 文丘里著. 建筑的复杂性和矛盾性[M]. 周卜颐译,北京:中国建工出版社, 1991.

[3] [英]尼尔. 林奇. 数字建构[M]. 徐卫国编译,北京:中国建筑工业出版社, 2008.

[4] 张利. 信息时代的建筑与建筑设计[M]. 南京:东南大学出版社, 2002.

Precision Design of Architectural Design with 3D Technology ——Taking the Ice World Project in Changsha as Example

Wang Cheng[1], Liang Ming[2], Peng Jie[2], Wu Wei[2]

(1. *Arcplus Group PLC*, *Shanghai* 200041, *China*; 2. *CSC Dongfu Group*, *Shanghai* 200122, *China*)

Abstract: With the development of the new technology, the architectural design has reached an unprecedented level in building industry. The advanced technologyallows new design approach and concept to be realized, and also providesgreat vision for betterarchitecture aesthetic, technology research and building construction method. This paper explores the 3D design methodologyonthe cooperation platformthrough a casestudy of theice world project in Changsha. Byestablishing the project database of building components, the virtual expression of complex building shapecan be realized, which is able to apply the idea of prefabricated architectureto complex shaped buildingssuccessfully.

Key Words: 3D Design; Complex Shaped; Database; Prefabrication